

PAT-NO: JP02001036131A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001036131 A

TITLE: AlGaInP LIGHT EMITTING DIODE

PUBN-DATE: February 9, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
UDAGAWA, TAKASHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHOWA DENKO KK	N/A

APPL-NO: JP11206039

APPL-DATE: July 21, 1999

JP

INT-CL (IPC): H01L033/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce forward voltage and uniform and improve the light emitting efficiency by providing a specific layer in a light emitting part and an oxide layer in a window layer respectively, allowing a layer including a metallic element between the light emitting part and window layer to have a non-covering area on a laminated plane, and providing an electrode thereon.

SOLUTION: A thin film 106 made of Ni is adhered to the surface of a p-type (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P upper clad layer 105 through a general vacuum evaporation system. A window layer 107 formed of n-type conductive zinc oxide film is joined with a metal thin film 106. An insulation film having a smaller refractive index than the zinc oxide is laminated as a surface protective film 108 of the oxide window layer 107 on the surface of the window layer 107. Then, a silicon nitride protective film 108 is removed and the zinc oxide layer forming the window layer 107 is exposed, so that a p-type electrode 109 of double-layered structure, where a lower bottom part 109a in contact with the zinc oxide layer is set to be Ti and an upper layer part 109b is made of Al is formed.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

----- KWIC -----

Document Identifier - DID (1):  
JP 2001036131 A

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] It is related with the AlGaInP light emitting diode of the high brightness equipped with the oxide window layer which has good ohmic contact nature.

[0002]

[Description of the Prior Art]  $\text{YIn}_1\text{-YP}$  ( $0 \leq X \leq 1$ ,  $0 < Y \leq 1$ ) ( $\text{AlXGa}_{1-X}$ ) (It abbreviates to AlGaInP hereafter) Especially  $0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$  ( $0 \leq X \leq 1$ ) that set an indium presentation ratio ( $= 1 - Y$ ) to 0.5 ( $\text{AlXGa}_{1-X}$ ) by being in plural mixed crystal There is an advantage which can achieve a gallium arsenide (GaAs) single crystal and good grid consistency (refer to Appl.Phys.Lett., 57 (27) and (1990), and 2937 - 2939 pages). for this reason -- for example, it is used as a configuration layer of light emitting devices, such as light emitting diode (LED) which carries out outgoing radiation of the red lamp system color from a green system, or laser diode (LD), (refer to Appl.Phys.Lett., 64 (21) and (1994), and 2839 - 2841 pages).

[0003] It is in the high brightness LED of double hetero (DH) structure of the conventional pn junction mold, and it has been usually to arrange a window layer (window layer) above DH structure light-emitting part with which it had the AlGaInP luminous layer (refer to SPIE, Vol.3002 (1997), and 110-118 pages). A window layer needs to consist of big semiconductor materials of a transparent band gap to luminescence which cannot absorb luminescence from a luminous layer easily in order to raise the ejection effectiveness of luminescence. Moreover, since it is the crystal layer which also bears the duty which diffuses the component operating current extensively in order that a window layer may expand luminescence area, conventionality consists of matter of low resistance as much as possible.

[0004] Conventionally, there is an example which constitutes a window layer from a transparency oxide. For example, in AlGaInPLED of invention of the American patent No. 5,481,122, the window layer which consists of indium oxide and a tin (indium-tin oxide: abbreviated name ITO) layer on p form ohmic contact layer is arranged. Moreover, a means to prepare the tapetum lucidum which consists of indium oxide, tin oxide, and a zinc oxide and a magnesium oxide is indicated (refer to JP, 11-17220, A description).

[0005] Moreover, the technique of preparing an ITO layer through the zinc (Zn), or golden (Au) and Zn alloy film prepared all over the laminating front face of p form group-III-V-semiconductor crystal layer which constitutes AlGaInPLED is indicated (refer to JP, 11-4020, A description). If it compares with the semiconducting crystal ingredient which constitutes AlGaInPLED, such a metal and the alloy film will be good conductors. Therefore, there is an advantage which turns to an AlGaInP light-emitting part the component operating current which circulates from the electrode laid on the ITO window layer, and can diffuse it broadly superficially.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is in LED of the method which takes out luminescence from an oxide window layer side outside, and luminescence from the field of the lower part of an electrode established in the window layer is covered by the electrode, and cannot be efficiently taken out to the exterior. Therefore, the operating current which circulates to the \*\*\*\* field of an electrode prepared in the direction of ejection of luminescence will not carry out particular contribution to improvement in external luminous efficiency, but will be wasted.

[0007] In the conventional invention indicated by JP,11-4020,A, it has the composition that a metal membrane is arranged all over directly under [ of an oxide window layer ]. That is, it has the composition of circulating the component operating current also to the field to which luminescence is covered with an electrode. For this reason, that efficient high brightness-ization cannot fully be achieved poses a problem.

[0008] In this invention, it is in AlGaInPLED equipped with the laminated structure of an oxide window layer / metal (alloy) layer / p form group-III-V-semiconductor LED configuration layer, and AlGaInPLED equipped with the laminated structure which can circulate the operating current efficiently is offered.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The artificer reached this invention, as a result of carrying out efforts examination wholeheartedly that the above-mentioned technical problem should be solved. Namely, this invention is set to [1] light-emitting part, a window layer, and the light emitting diode that has an electrode. A light-emitting part contains a  $\text{YIn}(\text{AlXGa}1-\text{X})1-\text{YP}$  ( $0 \leq X \leq 1$ ,  $0 < Y \leq 1$ ) layer. It has the layer in which a window layer contains a metallic element between a light-emitting part and a window layer including an oxide layer. The light emitting diode of p side rise mold with which the layer containing this metallic element is characterized by having a non-covering field on a laminating flat surface, and having an electrode on this non-covering field, p side rise type according to claim 1 with which the layer containing [2] metallic elements is characterized by carrying out ohmic contact with the layer by the side of a light-emitting part of light emitting diode, [1] to which the layer containing [3] metallic elements is characterized by including nickel, or the light emitting diode of p side rise mold given in [2], [1] to which the layer containing [4] metallic elements is characterized by including nickel oxide, or the light emitting diode of p side rise mold given in [2], [5] window layers are related with the light emitting diode of p side rise mold given in any 1 term of [1] - [4] characterized by including a zinc oxide.

[0010].

[Embodiment of the Invention] In this invention, it is aimed at the so-called p side rise type with which the group-III-V-semiconductor crystal layer arranged in the direction of ejection of luminescence of the upper part consists of a p form layer of AlGaInPLED to the AlGaInP luminous layer.

[0011] The layer (it abbreviates to a metal layer hereafter) containing the metallic element concerning the operation gestalt of this invention can be formed in the front face of p form group-III-V-semiconductor crystal layer which is also a deposit-ed of the window layer (it abbreviates to an oxide window layer hereafter) which constitutes AlGaInPLED of p side rise mold, and contains an oxide with the following technique.

(1) How to make the metal layer corresponding to the field which is due to form an electrode using a well-known patterning technique correspond to the base configuration of an electrode, and to once remove it selectively all over a deposit-ed after making a metal layer put.

(2) a metal layer is put, after having a flat-surface configuration corresponding to the base configuration of an electrode in the field which is due to form the electrode of the front face of a deposit-ed and covering with covering material, such as photoresist material, beforehand -- making -- a lift off (lift-off) -- how to remove selectively only the metal layer in the formation schedule field of an electrode using law etc.

[0012] As for the flat-surface configuration of a field of removing a metal layer selectively, it is desirable that they are the flat-surface configuration of an electrode and parallelism. For example, if it is in a disc electrode, it is desirable to also make circular the field which removes a metal layer. Moreover, as for the core of the flat-surface configuration of an electrode, and the core of a field of removing a metal layer, it is desirable to carry out abbreviation agreement. The plane area of the field which removes a metal layer presupposes that it is the same as that of the area of base of an electrode, and abbreviation. the area of the field which removes a metal layer -- the area of base of an electrode -- comparing -- extremely -- size -- then -- so much -- high [ of an oxide window layer and an LED configuration layer ] -- the field which can circulate reduces the increase of the area of a junction field [ \*\*\*\* ], and the operating current. Therefore, trouble is caused to high brightness-ization. As for the plane area of the field which removes a metal layer, it is desirable that it is [ of the area of base of an

electrode ] the 1.2 times [ 0.7 to ] as many range as this about.

[0013] Moreover, in this invention, if a metal layer is constituted from a metal which makes the layer by the side of light-emitting parts, such as p form group-III-V-semiconductor crystal, and ohmic contact, a more desirable oxide window layer will be obtained. There is a well-known golden-zinc (Au-Zn) alloy in the metal which can form p form group-III-V-semiconductor crystal layer and ohmic junction.

Moreover, there are simple substance metals, such as nickel (nickel). Moreover, there is an alloy containing nickel, such as a nickel-aluminum (nickel-aluminum) alloy, nickel-gold (nickel-Au), nickel-titanium (nickel-Ti), nickel-silver (nickel-Ag), nickel-molybdenum (nickel-Mo), and nickel-copper (nickel-Cu). These metal layers can be put using a general vacuum deposition method, a RF-sputtering method, etc.

[0014] When a metal layer is constituted from nickel or nickel oxide (NiO), a group-III-V-semiconductor configuration layer and good ohmic contact nature are demonstrated, and it is desirable. When NiO is used especially, the oxide window layer which is excellent in translucency is constituted.

[0015] The metal layer which consists of NiO can be put using the target material which consists of NiO. Moreover, on the front face of a group-III-V-semiconductor configuration layer, it is oxidized and it can form, after making the film which consists of a nickel simple substance once put. Moreover, after making the film which consists of a nickel simple substance put, the oxide layer which makes a window layer is succeedingly deposited on it, and if heat treatment is performed the appropriate back, nickel film will oxidize by the oxygen contained in the oxide layer, and it will be changed into NiO.

[0016] An oxide window layer can consist of a zinc oxide (ZnO), tin oxide (SnO<sub>2</sub>), indium oxide (In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), titanium oxide (TiO, TiO<sub>2</sub>), an oxidation gallium (Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), NiO, manganese oxide (MnO), copper oxide (CuO), etc. Moreover, it can constitute from multiple oxides, such as ITO. Luminescence of a red lamp color band region by which outgoing radiation is especially carried out from an AlGaInP luminous layer is made into the band gap which can fully be penetrated, and the oxide more than about 2 electron volt (eV) can be preferably used as a component of a window layer. a band gap writes -- it is [ like ] large, and it is made specific resistance and the conductive oxide ingredient of about 1 milli-ohm cm (momega and cm) or the low resistivity not more than it can be used for dominance as a window layer which makes the current diffusion layer which diffuses the operating current of LED superficially serve a double purpose.

[0017] A window layer can be constituted even if it carries out multistory [ of two or more oxide crystal layers ]. If it carries out multistory [ of the crystal layer which consists of an oxide which is different in a refractive index ] so that a refractive index may be turned up and it may become smallness gradually, penetrating luminescence by which outgoing radiation is carried out can constitute a convenient window layer from a luminous layer. For example, there is an example of the multistory structure window layer which sets a lower layer to ITO and uses the upper layer as a zinc-oxide layer.

[0018] It is in this invention which prepares an oxide window layer on the group-III-V-semiconductor configuration layer of p form, and about an oxide window layer, if ZnO is constituted as a subject, it will become convenient. As a group-III-V-semiconductor crystal, zinc is served as a p form impurity. For this reason, even if the zinc which constitutes a zinc oxide invades in p form group-III-V-semiconductor configuration layer, a group III-V semiconductor can hold conduction of p form, and will depend on an advantageous thing. The oxide which makes ZnO a subject points out the oxide which contains this matter as a principal component. For example, there are multiple oxides, such as indium oxide and zinc, and an oxidation gallium, zinc.

[0019]

[Example] By this example, AlGaInPLED10 equipped with the window layer which consists of ZnO on the epitaxial laminating structure 20 is made into an example, and this invention is explained to a detail.

Drawing 1 is the cross section of LED10 concerning this example.

[0020] The laminating structure 20 consisted of the (Silicon Si) dope n form GaAs single crystal substrate 101, the Si dope n form GaAs buffer coat 102, an Si dope n form (aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>) 0.5In<sub>0.5</sub>P lower-cladding layer 103, undoping (aluminum<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>) 0.5In<sub>0.5</sub>P luminous layer 104, and a (Magnesium Mg) dope p form (aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>) 0.5In<sub>0.5</sub>P up cladding layer 105. each class of the epitaxial configuration layers 102-105 -- trimethylgallium (CH<sub>3</sub>) (3Ga) / trimethylaluminum (CH<sub>3</sub>) (3aluminum) / trimethylindium (CH<sub>3</sub>) (3In) / phosphine (PH<sub>3</sub>) system reduced pressure MO-VPE -- it

was made to grow up at 730 degrees C by law. The source of doping of magnesium used screw-cyclopentadienyl Mg (bis-(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Mg). The source of doping of silicon was made into the disilane-hydrogen mixed gas which contains a disilane (Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) by the concentration of about 10 volume ppm. [0021] The GaAs single crystal which inclined 4 degrees in the <011> directions was used for the substrate 101. The carrier concentration of a substrate 101 was abbreviation  $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ , and thickness was about 300 micrometers. The thickness (d) of the GaAs buffer coat 102 set to 1.5 micrometers, and set carrier concentration (n) to abbreviation  $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ . The lower cladding layer 103 set to d= 3.5 micrometers, and was set to  $n=3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ . The luminous layer 104 set to d= 0.2 micrometers, and was set to carrier (concentration p)  $=1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ . The up cladding layer 105 set to d= 1 micrometer, and was set to  $p=7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ .

[0022] The film 106 which consists of nickel with a general vacuum deposition method was made to put on the front face of the p form (aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P up cladding layer 105. Thickness could be about 10nm. It was checked by looking that the nickel film 106 immediately after covering is gray. It was made similar to the base configuration of an electrode behind established on an oxide window layer using a general photolithography technique, and the nickel film 106 in the field which is due to form an electrode was removed on the rear-spring-supporter selection target to the circular field with a diameter of 130 micrometers. Abbreviation agreement of the core of the flat-surface configuration of an electrode and the core of a field of having deleted the nickel film 106 was carried out.

[0023] On the metal layer 106, the window layer 107 which consists of zinc-oxide film which presents conduction of n form was joined. The oxide window layer 107 consisted of aluminum doped zinc oxides which make specific resistance abbreviation  $9 \times 10^{-4} \text{ ohm-cm}$  by the RF magnetron sputtering method. Thickness of the zinc-oxide layer deposited at about 300 degrees C was set to about 0.25 micrometers.

[0024] On the front face of a window layer 107, the insulator layer which consists of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (refractive index 1.9 [ about ]) which has a refractive index smaller than a zinc oxide (refractive index = 2.0) was deposited as a surface protective coat 108 of the oxide window layer 107. The silicon nitride protective coat 108 was made to put by the well-known plasma-CVD method which uses a mono silane (SiH<sub>4</sub>) and ammonia (NH<sub>3</sub>) as a raw material. Thickness could be about 0.15 micrometers.

[0025] The golden (Au)-(germanium germanium) alloy (5 % of the weight of 95 % of the weight-germanium of Au(s)) film was made to put on the rear face of the n form GaAs substrate 101 with a general vacuum deposition method. Thickness could be about 0.5 micrometers. Alloying (alloying) processing was performed for 10 minutes at 430 degrees C the appropriate back and into the argon (Ar) air current, and it made with n form ohmic electrode 110.

[0026] if it is after alloy (alloy) processing, the above-mentioned nickel film 106 is decolorized -- having -- abbreviation -- becoming transparent was checked by looking. Since the nickel film 106 was changed into nickel oxide (NiO), this is considered by the oxygen contained on the zinc-oxide film 107 which makes the upper layer of the nickel film 106.

[0027] Next, the silicon nitride protective coat 108 in the field which forms p form electrode 109 was selectively removed using the well-known photolithography technique. The silicon nitride protective coat 108 was removed and p form electrode 109 of the multistory structure which set to Ti lower base section 109a which touches a zinc-oxide layer, and set management 109b to aluminum was formed in the field to which the zinc-oxide layer which makes a window layer 107 was exposed. p form electrode 109 was made into the disc electrode which sets a diameter to about 120 micrometers.

[0028] When conduction of the current of 20mA (mA) was carried out in the forward direction between p form electrode 109 and n form ohmic electrode 110, luminescence of a red lamp color was obtained from the whole abbreviation surface of a window layer 107 by about 1 appearance. The luminescence wavelength measured by the spectroscope was about 618nm. Moreover, the half-value width of an emission spectrum is about 19nm, and luminescence which is excellent in monochromaticity was obtained. Moreover, the ohmic junction nature between the up cladding layer 105 and a window layer 107 became good by disposition of the metal layer 106. For this reason, forward voltage (@20mA) was averaged and was reduced by 2.1 volts (V). Moreover, the forward voltage between LED was contained by the uniform range of 2.1V\*0.1V. Luminescence reinforcement reached the about 66mm candela (mcd).

[0029] (Example of a comparison) Without making nickel (NiO) film intervene on the front face of the n

form (aluminum<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P up cladding layer which makes the maximum front face of the epitaxial laminating structure of a publication in the example 1, directly, the oxide window layer which consists of a zinc oxide was joined, and AlGaInPLED was constituted.

[0030] The forward voltage at the time of AlGaInPLED formed in the example 1 by the technique of a publication setting forward current to 20mA became about 6 V and a high value. Since the metal layer is not made to intervene between an oxide window layer and a group-III-V-semiconductor configuration layer, it is based on the ohmic contact nature between both layers being poor. The main wavelength of luminescence was about 618nm like an example 1 and abbreviation. Moreover, luminescence was not accepted from an abbreviation of an oxide window layer at large, but luminescence was accepted only from the \*\*\*\* circumference of a periphery edge of the electrode on a window layer. Since luminescence area was limited extremely, the luminescence reinforcement in a chip condition stopped at about 20 mcd(s). It was proved that forward voltage is low although it excels in ohmic contact nature with the conventional configuration which does not arrange a metal layer in the specific location related to the flat-surface configuration of an electrode so that it may describe in this example of a comparison therefore, and it is disadvantageous to obtain AlGaInPLED of high brightness.

[0031]

[Effect of the Invention] If it depends on this invention, since good ohmic contact nature is obtained in the oxide window layer of AlGaInPLED and the operating current can be diffused in a luminescence side, forward voltage is low uniform and the component of the high brightness which is excellent in luminous efficiency can be offered.

---

[Translation done.]

(11)特許出願公開番号  
特開2001-36131  
(P2001-36131A)

(43)公開日 平成13年2月9日(2001.2.9)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I  
H O 1 L 33/00

テマート\* (参考)  
A 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平11-206039

(22)出願日 平成11年7月21日(1999.7.21)

(71)出願人 000002004  
昭和電工株式会社  
東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72)発明者 宇田川 隆  
埼玉県秩父市下影森1505番地 昭和電工株  
式会社総合研究所秩父研究室内

(74)代理人 100094237  
弁理士 矢口 平

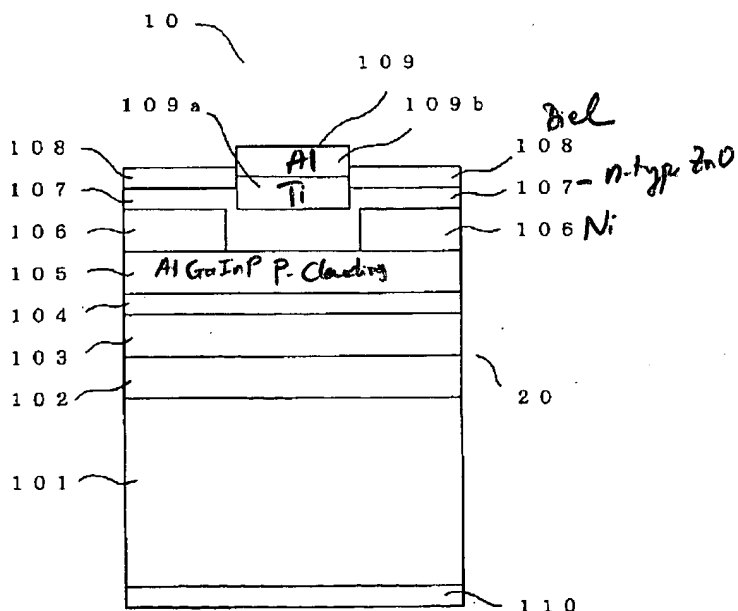
Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA34 CA65 CB02

(54) 【発明の名称】 AlGaInP発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】高輝度で発光効率に優れるpサイドアップ型のAlGaInPLEDを提供する。

【解決手段】窓層が酸化物層を含み、発光部と窓層の間に金属元素を含む層を有し、該金属元素を含む層が積層平面上において非被覆領域を有し、該非被覆領域上に電極を有する構造とする。また金属元素を含む層をニッケルまたは酸化ニッケルから形成して、更に発光部側の層とオーミック接触させ、窓層を、酸化亜鉛を含む層から構成する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】発光部、窓層、及び電極を有する発光ダイオードにおいて、発光部が  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ) 層を含み、窓層が酸化物層を含み、発光部と窓層の間に金属元素を含む層を有し、該金属元素を含む層が積層平面上において非被覆領域を有し、該非被覆領域上に電極を有することを特徴とするpサイドアップ型の発光ダイオード。

【請求項2】金属元素を含む層が、発光部側の層とオーミック接触していることを特徴とする請求項1に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード。

【請求項3】金属元素を含む層が、ニッケルを含むことを特徴とする請求項1または2に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード。

【請求項4】金属元素を含む層が、酸化ニッケルを含むことを特徴とする請求項1または2に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード。

【請求項5】窓層が、酸化亜鉛を含むことを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】良好なオーミック接触性を有する酸化物窓層を備えた高輝度のAlGaInP発光ダイオードに関する。

## 【0002】

【従来技術】  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ) (以下、AlGaInPと略す) 多元混晶にあって、特に、インジウム組成比 ( $=1-y$ ) を0.5とする  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) は、砒化ガリウム (GaAs) 単結晶と良好な格子整合性を果たせる利点がある (Appl. Phys. Lett., 57 (27) (1990)、2937～2939頁参照)。このため、例えば緑色系から赤橙系色を出射する発光ダイオード (LED) 或いはレーザーダイオード (LD) 等の発光素子の構成層として利用されている (Appl. Phys. Lett., 64 (21) (1994)、2839～2841頁参照)。

【0003】従来のpn接合型の、ダブルヘテロ (DH) 構造の高輝度LEDにあって、AlGaInP発光層が備えられたDH構造発光部の上方には、窓層 (ウィンドウ層) を配置するのが通例となっている (SPIE, Vol. 3002 (1997)、110～118頁参照)。窓層は、発光の取り出し効率を向上させるため、発光層からの発光を吸収し難い、発光に対して透明な、禁止帯幅の大きな半導体材料から構成する必要がある。また、窓層は、発光面積を拡大するため、素子動作電流を広範囲に拡散する役目も担う結晶層であるから、出来る限り低抵抗の物質から構成するのが常套である。

【0004】従来、窓層を透明酸化物から構成する例が

ある。例えば、アメリカ合衆国特許第5,481,122号の発明のAlGaInPLEDでは、p形オーミックコンタクト層上に酸化インジウム・錫 (indium-tin oxide: 略称ITO) 層からなる窓層が配置されている。また、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛や酸化マグネシウムからなる透明被膜を設ける手段が開示されている (特開平11-17220号公報明細書参照)。

【0005】また、ITO層を、AlGaInPLEDを構成するp形III-V族化合物半導体結晶層の積層表面の全面に設けた、亜鉛 (Zn) 若しくは金 (Au)・Zn合金膜を介して設ける技術が開示されている (特開平11-4020号公報明細書参照)。AlGaInPLEDを構成する半導体結晶材料に比較すれば、この様な金属や合金膜は良導体である。従って、ITO窓層上に敷設された電極から流通される素子動作電流をAlGaInP発光部に向けて平面的に広範囲に拡散できる利点がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】酸化物窓層側から発光を外部に取り出す方式のLEDにあって、窓層に設けた電極の下方の領域からの発光は、電極に遮蔽されて外部へ効率的に取り出すことができない。従って、発光の取り出し方向に設けた電極の写影領域に流通される動作電流は、外部発光効率の向上に然したる貢献をせず、浪費されることとなる。

【0007】特開平11-4020号公報に記載される従来の発明では、酸化物窓層の直下の全面に金属膜が配置される構成となっている。即ち、電極により発光が遮蔽される領域にも、素子動作電流を流通させる構成となっている。このため、効率的な高輝度化が充分に果たせないのが問題となっている。

【0008】本発明では、酸化物窓層/金属 (合金) 層/p形III-V族化合物半導体LED構成層の積層構造を備えたAlGaInPLEDにあって、効率的に動作電流を流通できる積層構造を備えたAlGaInPLEDを提供する。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】発明者は、上記の課題を解決すべく鋭意努力検討した結果、本発明に到達した。即ち、本発明は、[1] 発光部、窓層、及び電極を有する発光ダイオードにおいて、発光部が  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ) 層を含み、窓層が酸化物層を含み、発光部と窓層の間に金属元素を含む層を有し、該金属元素を含む層が積層平面上において非被覆領域を有し、該非被覆領域上に電極を有することを特徴とするpサイドアップ型の発光ダイオード、[2] 金属元素を含む層が、発光部側の層とオーミック接触していることを特徴とする請求項1に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード、[3] 金属元素を含む層が、ニ

ッケルを含むことを特徴とする〔1〕または〔2〕に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード、〔4〕金属元素を含む層が、酸化ニッケルを含むことを特徴とする

〔1〕または〔2〕に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード、〔5〕窓層が、酸化亜鉛を含むことを特徴とする〔1〕～〔4〕のいずれか1項に記載のpサイドアップ型の発光ダイオード、に関する。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明では、AlGaInP発光層に対して、その上方の発光の取り出し方向に配置されたIII-V族化合物半導体結晶層がp形層からなっている、所謂、pサイドアップ型のAlGaInPLEDを対象としている。

【0011】本発明の実施形態に係わる金属元素を含む層（以下、金属層と略す）は、pサイドアップ型のAlGaInPLEDを構成し、また、酸化物を含む窓層（以下、酸化物窓層と略す）の被堆積層でもあるp形III-V族化合物半導体結晶層の表面に次の様な手法をもって形成できる。

（1）被堆積層の全面に一旦、金属層を被着させた後、公知のパターニング技法を利用して電極を形成する予定の領域に対応する金属層を、電極の底面形状に対応させて選択的に除去する方法。

（2）被堆積層の表面の、電極を形成する予定の領域に、電極の底面形状に対応した平面形状をもって、フォトリソ材等の被覆材で予め被覆した後、金属層を被着させ、リフトオフ（lift-off）法等を利用して、電極の形成予定領域に在る金属層のみを部分的に除去する方法。

【0012】金属層を選択的に除去する領域の平面形状は、電極の平面形状と相似であるのが望ましい。例えば、円形電極にあっては、金属層を除去する領域も円形とするのが望ましい。また、電極の平面形状の中心と金属層を除去する領域の中心とは略合致させるのが望ましい。金属層を除去する領域の面積は、電極の底面積と略同様とする。金属層を除去する領域の面積を電極の底面積に比べて極端に大とすれば、それだけ酸化物窓層とLED構成層との高抵抗な接合領域の面積が増し、動作電流が流通できる領域が縮小する。従って、高輝度化に支障を来す。金属層を除去する領域の平面形状は、電極の底面積の大凡、0.7倍から1.2倍の範囲であるのが望ましい。

【0013】また本発明では金属層を、p形III-V族化合物半導体結晶等の発光部側の層とオーミック接触をなす金属から構成すると、より好ましい酸化物窓層が得られる。p形III-V族化合物半導体結晶層とオーミック接合を形成できる金属には、周知の金-亜鉛（Au-Zn）合金がある。また、ニッケル（Ni）などの単体金属がある。また、ニッケル-アルミニウム（Ni-Al）合金、ニッケル-金（Ni-Au）、ニッケル

-チタン（Ni-Ti）、ニッケル-銀（Ni-Ag）、ニッケル-モリブデン（Ni-Mo）、ニッケル-銅（Ni-Cu）などのNiを含む合金がある。これらの金属層は一般的な真空蒸着法、高周波スパッタリング法などを利用して被着できる。

【0014】金属層をNiや酸化ニッケル（NiO）から構成するとIII-V族化合物半導体構成層と良好なオーミック接触性が発揮されて好ましい。特に、NiOを用いた場合、透光性に優れた酸化物窓層が構成される。

【0015】NiOからなる金属層は例えば、NiOからなるターゲット材を用いて被着できる。また、III-V族化合物半導体構成層の表面上に一旦、Ni単体からなる膜を被着させた後、それを酸化させて形成できる。また、Ni単体からなる膜を被着させた後、引き続きその上に窓層をなす酸化物層を堆積し、然る後、熱処理を施せば、酸化物層内に含まれている酸素によりNi膜は酸化され、NiOに変換される。

【0016】酸化物窓層は、例えば、酸化亜鉛（ZnO）、酸化錫（SnO<sub>2</sub>）、酸化インジウム（In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、酸化チタン（TiO、TiO<sub>2</sub>）、酸化ガリウム（Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）、NiO、酸化マンガン（MnO）、酸化銅（CuO）等から構成できる。また、ITOなどの複合酸化物から構成できる。特に、AlGaInP発光層から出射される赤橙色帯域の発光を十分に透過できる、禁止帯幅にして約2エレクトロンボルト（eV）以上の酸化物は窓層の構成材料として好ましく利用できる。禁止帯幅がかくの如く大きく、また、比抵抗にして約1ミリオーム・センチメートル（mΩ・cm）或いはそれ以下の低抵抗率の、導電性の酸化物材料は、LEDの動作電流を平面的に拡散する電流拡散層を兼用する窓層として優位に利用できる。

【0017】窓層は、複数の酸化物結晶層を重ねさせても構成できる。屈折率を上方に向けて漸次、小となる様に屈折率を相違する酸化物からなる結晶層を重ねさせれば、発光層から出射される発光を透過するのにより好都合な窓層が構成できる。例えば、下層をITOとし、上層を酸化亜鉛層とする重層構造窓層の例がある。

【0018】p形のIII-V族化合物半導体構成層上に酸化物窓層を設ける本発明にあって、酸化物窓層を、ZnOを主体として構成すると好都合となる。III-V族化合物半導体結晶では、亜鉛はp形不純物として振る舞う。このため、酸化亜鉛を構成する亜鉛が仮に、p形III-V族化合物半導体構成層内に侵入しても、III-V族化合物半導体はp形の伝導を保持でき有利であることに依る。ZnOを主体とする酸化物とは、同物質を主成分として含有する酸化物を指す。例えば、酸化インジウム・亜鉛や酸化ガリウム・亜鉛などの複合酸化物がある。

【0019】

【実施例】本実施例では、エピタキシャル積層構造体20上に、ZnOからなる窓層を備えたAlGaInPLED10を例にして、本発明を詳細に説明する。図1は本実施例に係わるLED10の断面模式図である。

【0020】積層構造体20は、珪素(Si)ドーパ形GaAs単結晶基板101、Siドーパ形GaAs緩衝層102、Siドーパ形( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下部クラッド層103、アンドープ( $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 発光層104、及びマグネシウム(Mg)ドーパ形( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層105から構成した。エピタキシャル構成層102~105の各層は、トリメチルガリウム( $(\text{CH}_3)_3\text{Ga}$ )／トリメチルアルミニウム( $(\text{CH}_3)_3\text{Al}$ )／トリメチルインジウム( $(\text{CH}_3)_3\text{In}$ )／ホスフィン( $\text{PH}_3$ )系減圧MO-VPE法により730℃で成長させた。マグネシウムのドーピング源はビス-シクロペンタジエニルMg( $\text{bis}-(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Mg}$ )を用いた。珪素のドーピング源は、ジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )を約10体積ppmの濃度で含むジシラン-水素混合ガスとした。

【0021】基板101には、 $\langle 011 \rangle$ 方向に4°傾斜したGaAs単結晶を用いた。基板101のキャリア濃度は約 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ で、層厚は約300μmであった。GaAs緩衝層102の層厚(d)は1.5μmとし、キャリア濃度(n)は約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。下部クラッド層103はd=3.5μmとし、n= $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。発光層104はd=0.2μmとし、キャリア濃度(p)= $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした。上部クラッド層105はd=1μmとし、p= $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0022】p形( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層105の表面には、一般的な真空蒸着法によりNiからなる膜106を被着させた。膜厚は約10nmとした。被着直後のNi膜106は灰色であるのが視認された。一般的なフォトリソグラフィ技術を利用して、後に酸化物窓層上に設ける電極の底面形状に相似させて、電極を形成する予定の領域に在るNi膜106を、直径130μmの円形領域にわたり選択的に除去した。電極の平面形状の中心とNi膜106を削除した領域の中心とは略合致させた。

【0023】金属層106上には、n形の伝導を呈する酸化亜鉛膜からなる窓層107を接合させた。酸化物窓層107は比抵抗を約 $9 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ とするAlドーパ酸化亜鉛から、高周波マグネトロンスパッタリング法により構成した。約300℃で堆積した酸化亜鉛層の厚さは約0.25μmとした。

【0024】窓層107の表面上には、酸化亜鉛(屈折率=2.0)よりも小さな屈折率を有する $\text{Si}_3\text{N}_4$ (屈折率約1.9)からなる絶縁膜を酸化物窓層107の表面保護膜108として堆積した。窒化珪素保護膜108

はモノシラン( $\text{SiH}_4$ )とアンモニア( $\text{NH}_3$ )を原料とする公知のプラズマCVD法により被着させた。層厚は約0.15μmとした。

【0025】n形GaAs基板101の裏面には、金(Au)-ゲルマニウム(Ge)合金(Au95重量%-Ge5重量%)膜を一般的な真空蒸着法により被着させた。膜厚は約0.5μmとした。その後、アルゴン(Ar)気流中に於いて430℃で10分間、アロイング(alloying)処理を施して、n形オーミック電極110とした。

【0026】アロイ(alloy)処理後にあっては、上記のNi膜106は脱色され、略透明となるのが視認された。これは、Ni膜106の上層をなす酸化亜鉛膜107に含有される酸素により、Ni膜106が酸化ニッケル(NiO)に変換されたためと考えられる。

【0027】次に、p形電極109を形成する領域にある窒化珪素保護膜108を公知のフォトリソグラフィ技術を利用して部分的に除去した。窒化珪素保護膜108が除去され、窓層107をなす酸化亜鉛層が露出された領域には、酸化亜鉛層に接する下底部109aをTiとし、上層部109bをAlとした重層構造のp形電極109を形成した。p形電極109は、直径を約120μmとする円形電極とした。

【0028】p形電極109及びn形オーミック電極110間に順方向に20ミリアンペア(mA)の電流を流通したところ、窓層107の略全面からほぼ一様に赤橙色の発光が得られた。分光器により測定された発光波長は約618nmであった。また、発光スペクトルの半値幅は約19nmであり、単色性に優れる発光が得られた。また、金属層106の配備により上部クラッド層105と窓層107との間のオーミック接合性は良好となった。このため、順方向電圧(@20mA)は平均して2.1ボルト(V)に低減された。また、LED間の順方向電圧は2.1V±0.1Vの均一な範囲に収納された。発光強度は約66ミリカンデラ(mcd)に到達した。

【0029】(比較例)実施例1に記載のエピタキシャル積層構造体の最表面をなすn形( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ ) $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上部クラッド層の表面上に、Ni(NiO)膜を介在させずに直接、酸化亜鉛からなる酸化物窓層を接合させて、AlGaInPLEDを構成した。

【0030】実施例1に記載の手法により形成したAlGaInPLEDは、順方向電流を20mAとした際の順方向電圧は約6Vと高い値となった。酸化物窓層とIII-V族化合物半導体構成層との間に金属層を介在させていないために、両層間でのオーミック接触性が不良であることに因る。発光の中心波長は、実施例1と略同様に約618nmであった。また、酸化物窓層の略全般から発光が認められず、窓層上の電極の、外周縁の極く周辺のみから発光が認められるに過ぎなかった。発光面

積が極端に限定されたため、チップ状態での発光強度は約20mcdに留まった。本比較例に記す如く、金属層を電極の平面形状に関係する特定の位置に配置しない従来の構成では、オーミック接触性に優れるが故に順方向電圧が低く、高輝度のAlGaInPLEDを得るに不利であることが証された。

【0031】

【発明の効果】本発明に依れば、AlGaInPLEDの酸化物窓層で良好なオーミック接触性が得られ、また発光面に動作電流を拡散できるため、順方向電圧が低く均一で、かつ発光効率に優れる高輝度の素子が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に記載のLEDの断面模式図である。

【符号の説明】

10	AlGaInPLED
20	積層構造体
101	GaAs単結晶基板
102	GaAs緩衝層
103	下部クラッド層
104	発光層
105	上部クラッド層
106	金属層
107	酸化物窓層
108	保護膜
109	p形電極
109a	p形電極下底層
109b	p形電極上層
110	n形オーミック電極

【図1】

